



Europäisches
Patentamt

European
Patent Office

Office européen
des brevets

Bescheinigung

Certificate

Attestation

Die angehefteten Unterlagen stimmen mit der ursprünglich eingereichten Fassung der auf dem nächsten Blatt bezeichneten europäischen Patentanmeldung überein.

The attached documents are exact copies of the European patent application described on the following page, as originally filed.

Les documents fixés à cette attestation sont conformes à la version initialement déposée de la demande de brevet européen spécifiée à la page suivante.

Patentanmeldung Nr. Patent application No. Demande de brevet n°

02023472.0

Der Präsident des Europäischen Patentamts;
Im Auftrag

For the President of the European Patent Office

Le Président de l'Office européen des brevets
p.o.

R C van Dijk



Anmeldung Nr:
Application no.: 02023472.0
Demande no:

Anmelde tag:
Date of filing: 21.10.02
Date de dépôt:

Anmelder/Applicant(s)/Demandeur(s):

SIEMENS AKTIENGESELLSCHAFT
Wittelsbacherplatz 2
80333 München
ALLEMAGNE

Bezeichnung der Erfindung/Title of the invention/Titre de l'invention:
(Falls die Bezeichnung der Erfindung nicht angegeben ist, siehe Beschreibung.
If no title is shown please refer to the description.
Si aucun titre n'est indiqué se referer à la description.)

Turbinentriebwerk und Verfahren zum Kühlen eines Turbinentriebwerks

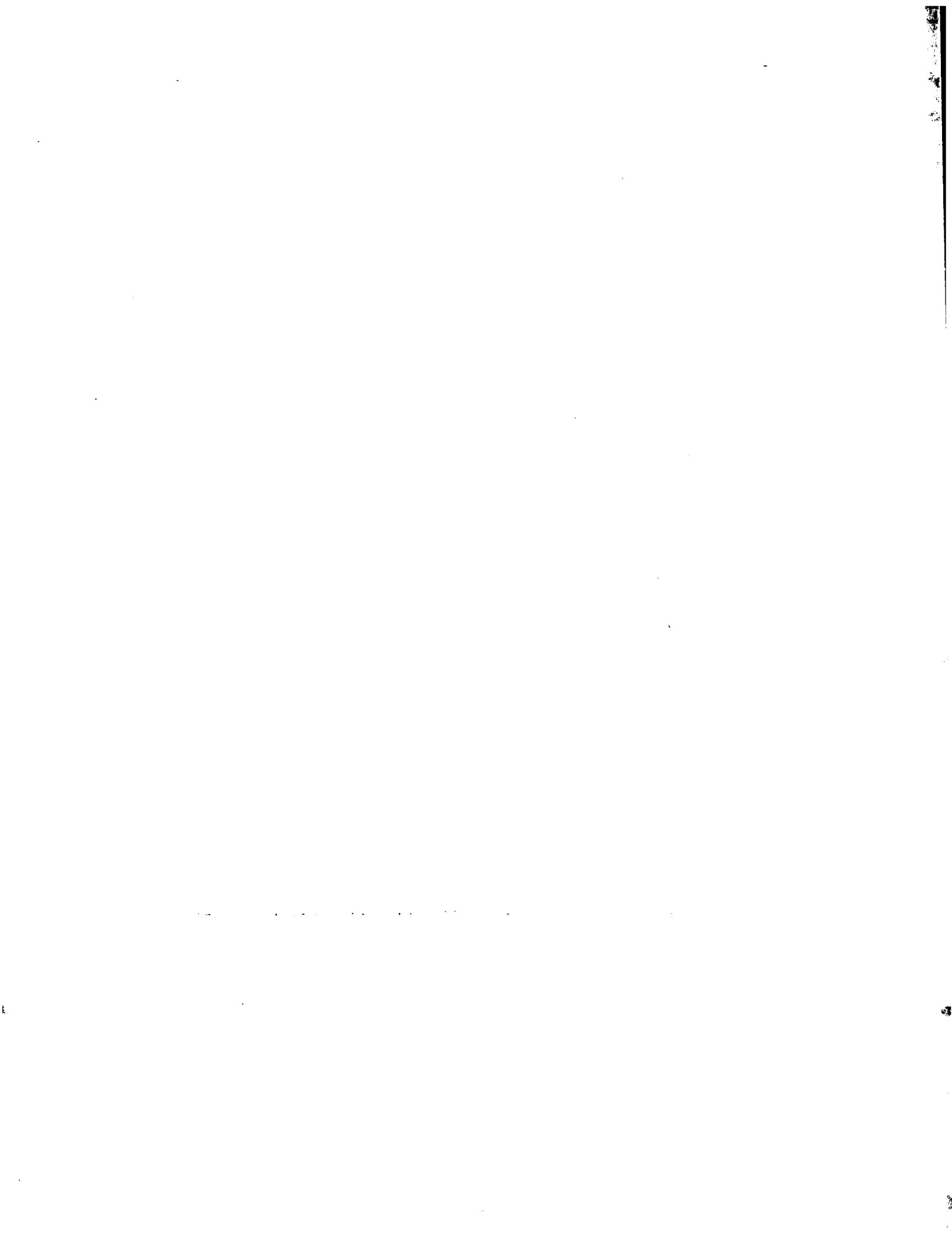
In Anspruch genommene Priorität(en) / Priority(ies) claimed /Priorité(s)
revendiquée(s)
Staat/Tag/Aktenzeichen/State>Date/File no./Pays/Date/Numéro de dépôt:

Internationale Patentklassifikation/International Patent Classification/
Classification internationale des brevets:

F01D/

Am Anmelde tag benannte Vertragstaaten/Contracting states designated at date of
filing/Etats contractants désignées lors du dépôt:

AT BE BG CH CY CZ DE DK EE ES FI FR GB GR IE IT LI LU MC NL PT SE SK TR



EPO - Munich
29
21 Okt. 2002

Beschreibung

Turbinentriebwerk und Verfahren zum Kühlen eines Turbinentriebwerks

5

Die Erfindung bezieht sich auf ein Turbinentriebwerk mit einer Turbinenwelle, die eine Anzahl von nebeneinander angeordneter Scheiben aufweist, an denen jeweils eine Anzahl von Laufschaufeln sternförmig befestigbar sind, wobei diese mit zumindest einem Kühlmittel, welches durch Kühlmittelkanäle innerhalb der Laufschaufeln strömt, kühlbar sind und auf ein Verfahren zum Kühlen dieser.

10 Turbinentriebwerke werden in vielen Bereichen eingesetzt, hauptsächlich als Antriebe in der Flugzeugindustrie und zur Energiegewinnung. Bei der Energiegewinnung unterscheidet man zwischen Gasturbinen und Dampfturbinen, die beide, oft gleichzeitig in so genannten GuD-Anlagen zum Antrieb von Generatoren genutzt werden. In der Gasturbine, die im Folgenden betrachtet sei, wird ein Brennmittel-Luftgemisch in einem Brennraum gezündet, von wo aus sich das dabei entstehende Arbeitsmedium in Richtung der Laufschaufeln über diese arbeitsleistend hinweg entspannt. Die Energie des Arbeitsmedium wird mittels der Laufschaufeln in Bewegungsenergie umgesetzt, die mit der Rotation der Turbinenwelle an Generatoren weitergegeben wird.

15 Das Brennmittel-Luftgemisch verbrennt üblicherweise bei einer Temperatur von 1200 °C bis 1300 °C emissionsarm und erzielt dabei einen hohen Wirkungsgrad. Generell kann der Wirkungsgrad weiter gesteigert werden durch eine weitere Erhöhung der Verbrennungstemperatur.

20 Bei diesen hohen Verbrennungstemperaturen des Arbeitsmediums werden an die Komponenten des Turbinentriebwerks, die mit dem Arbeitsmedium in Berührung kommen, höchste Anforderungen bezüglich thermischer Beständigkeit, mechanischer Festigkeit

und Lebensdauer gestellt. Dabei soll unter Berücksichtigung des Betriebsrisikos und der Wirtschaftlichkeit der einzelnen Komponenten ein größtmöglicher Wirkungsgrad erzielt werden.

- 5 Thermische Beständigkeit, eine hohe Lebensdauer und Zuverlässigkeit wird auch für die Laufschaufeln eines Turbinentriebwerks gefordert. Damit die Laufschaufeln der in Strömungsrichtung des Arbeitsmediums gesehenen ersten Laufschaufelreihe den höchsten thermischen Belastungen 10 standhalten, werden sie bekanntermaßen gekühlt. Dazu sind sie im allgemeinen mit Hohlräumen durchzogen, die ein verzweigtes Kanalsystem bilden, in dem ein Kühlmittel strömt. Als Kühlmittel wird entweder verdichtete Luft oder Dampf eingesetzt, oder auch beides gleichzeitig. Dampf weist dabei 15 eine bessere Kühleigenschaft als verdichtete Luft auf. Allerdings stellt Dampf einen höheren Anspruch an die Dichtigkeit des kompletten Kühlsystems, was einen höheren Fertigungsaufwand für die Kühlmittelführung bedeutet.
- 20 Bekannt ist, dass Laufschaufeln luft- und/oder dampfgekühlt werden. Die Luftkühlung kann als offene sowie geschlossene Kühlung erfolgen, die Dampfkühlung ist jedoch nur als geschlossenes Kühlsystem sinnvoll. Bei der Kühlung von Laufschaufeln eines Turbinentriebwerks ist der erhebliche 25 Druckunterschied zwischen Arbeitsmedium und Kühlmittel nur durch technisch hohen Aufwand beizubehalten. Zur Sperrung der Bereiche gegeneinander ist ein aufwändiges Dichtsystem über den Führungsweg des Kühlmittels erforderlich, um die Leckageverluste gering zu halten und somit eine effiziente 30 Kühlung zu gewährleisten. Nachteilig sind die dafür erforderlichen enormen wirtschaftlichen und technischen Aufwendungen, die obendrein zur Reduzierung der Betriebssicherheit und der Zuverlässigkeit aufgrund der komplizierten Technik führen.
- 35 Die Zuführung von Kühlmittel zu einzelnen Laufschaufeln der unterschiedlichen Laufschaufelreihen ist auf Grund der

Anordnungen der einzelnen beteiligten Elemente sehr schwierig und erfordert einen hohen Aufwand, um die erforderliche Dichtigkeit des Systems und ein geringes Betriebsrisiko zu garantieren.

5

Aufgabe der vorliegenden Erfindung ist es, den Wirkungsgrad des Turbinentriebwerks mit wirtschaftlich vertretbarem Aufwand zu erhöhen, gleichzeitig das Betriebsrisiko zu mindern bzw. die Lebensdauer der Elemente und die

10 Zuverlässigkeit des Turbinentriebwerkes zu erhöhen.

Diese Aufgabe wird erfindungsgemäß dadurch gelöst, dass zwischen zwei unmittelbar benachbarten Scheiben in Radialrichtung mehrere Hohlräume eingeschlossen sind, die jeweils die Turbinenwelle in Umfangsrichtung umgreifen und in denen Kühlmittel in unterschiedlichen Drücken vorherrschen, wobei das oder die Kühlmittel in die Hohlräume jeweils ein und ausströmbar ist.

15 Die Erfindung geht dabei von der Überlegung aus, dass das Betriebsrisiko durch eine Vereinfachung der Kühlmittelzufuhr der Laufschaufeln verkleinert werden kann. Die daraus resultierende vorteilhafte Reduzierung der Anzahl der Dichtungen bei gleichzeitiger Verkürzung der verbleibenden Dichtlänge erhöht die Betriebssicherheit, vermindert die Ausfallwahrscheinlichkeit und reduziert die Leckageverluste des Kühlmittels. Zusätzlich können einfachere Dichtsysteme verwendet werden, die ebenso das Betriebsrisiko senken. In den einzelnen Hohlräumen zwischen zwei benachbarten Scheiben strömen dabei mehrere Kühlmittel unterschiedlicher Qualität, dies sind "frische" Kühlmittel wie Frischluft und/oder Frischdampf, die zu den Laufschaufeln geführt werden und/oder "verbrauchte" Kühlmittel wie Brauchluft und/oder Brauchdampf, die von den Laufschaufeln weggeführt werden. Das einfache und zuverlässige Bereitstellen der Kühlmittel erlaubt das effiziente Einsetzen dieser und ermöglicht infolgedessen eine gewinnbringende Wirkungsgradsteigerung, da die dem

Arbeitsmedium ausgesetzten Bauelemente höheren Temperaturen standhalten.

Äußerst vorteilhaft ist die Ausgestaltung der Erfindung derart, dass die radial benachbarten Hohlräume durch fliehkraftbasierte Dichtungen gegeneinander abgedichtet sind. Diese äußerst zuverlässige Art und Weise des Abdichtens radial benachbarter Bereiche reduziert die Leckageverluste im Kühlmittel.

10

Eine absolut dichte sichere Verbindung ist vorteilhafterweise gegeben, wenn die integrierten Kühlmittelkanäle einer jeden auf ein und derselben Scheibe angeordneten Laufschaufel, mit ein und demselben Hohlraum, der mit einer benachbarten Scheibe eingeschlossen wird, über eine radiale Bohrung oder Durchlass kommuniziert.

Vorteilhafterweise kommuniziert mindestens einer der Hohlräume mit einer Kühlmittelversorgung oder Kühlmittelentsorgung.

Nach einem Verfahren zum Kühlen eines Turbinentriebwerkes gemäß einem der Ansprüche 1 bis 4 wird vorgeschlagen, dass der Druck des Kühlmittels, welches durch einen Hohlraum strömt, größer ist als der Druck des Kühlmittels, welches durch den radial nächstäußersten Hohlraum strömt. Im ungünstigen Fall eines Defekts einer im wesentlichen sehr robusten Fliehkraftdichtung treten Leckageverluste folglich nur von einer Druckstufe zur nächstgeringeren auf, also von einem Hohlraum zum radial nächstäußersten.

In einer erfindungsgemäßen Ausgestaltung des Verfahrens zum Kühlen eines Turbinentriebwerkes wird vorgeschlagen, dass im radial innersten Hohlraum Frischdampf, im nächstäußersten Hohlraum Brauchdampf und dem nächstäußersten Hohlraum Frischluft strömt. Gasturbinen werden häufig mit mehrstufigen Dampfturbinen betrieben (als GuD-Anlagen), die als

Arbeitsmedium Dampf mit unterschiedlichen Drücken benötigen. Dem Arbeitsmedium Dampf einer Hochdruck-Dampfturbine wird ein Anteil entnommen und zur Kühlung von Bauteilen einer Gasturbine verwendet. Der entnommene Anteil des Dampfes wird 5 in dieser Anmeldung als Frischdampf bezeichnet und weist einen Druck in der Größenordnung von ca. 40 bar auf. Der Brauchdampf, mit ca. 30 bar, der nach dem Kühlen der dem Heißgas ausgesetzten Bauteile zurückbleibt, kann als Arbeitsmedium einer Mitteldruck-Dampfturbine zugeführt 10 werden. Das Kühlmittel Dampf wird somit gewinnbringend mehrfach eingesetzt. Die im Fehlerfall vorhandenen Leckageanteile des Frischdampfes treten aufgrund des Druckgefälles nur in Richtung des Brauchdampfes auf und vermischen sich mit diesem. Der Brauchdampf wird der 15 Mitteldruck-Dampfturbine wieder zugeführt und so werden die durch Leckage hervorgerufene Verluste reduziert. Falls ein Teil des Brauchdampfes durch Leckage in Richtung des geringen Druckes strömt und sich mit der Frischluft vermischt, so wird dieser Teil weiterhin nutzbringend zur Kühlung eingesetzt. 20 Kühlmittelanteile gehen nur dann verloren, wenn Undichtigkeiten zwischen dem Bereich, in der die Frischluft strömt und dem Strömungskanal des Arbeitsmediums der Gasturbine auftreten.

25 Die Erfindung stellt somit ein radiales Mehrschichtsystem von gegeneinander abgeschirmten Bereichen dar, in denen unterschiedliche Drücke vorherrschen. Dabei herrscht radial von innen nach außen gesehen ein Druckgefälle. Der größte Druck herrscht, hervorgerufen von Frischdampf, radial gesehen 30 im innersten Hohlraum zweier benachbarter Scheiben, radial weiter außen im nächsten Hohlraum der nächstniedrigere Druck, hervorgerufen von Brauchdampf, radial weiter außen im äußersten Hohlraum der nächstniedrige Druck, hervorgerufen von Frischluft, und im Strömungskanal, der zwischen 35 Turbinenwelle und Stator angeordnet ist, liegt der niedrigste Druck vor, hervorgerufen vom Arbeitsmedium. Vorteilhaft sind die zwischen den Scheiben in Umfangsrichtung verlaufenden

kurzen Dichtlängen bei gleichzeitig geringer Anzahl an Dichtelementen und die gewinnbringende schichtweise Anordnung der Kühlmittel unterschiedlichen Druckes, die eine teilweise nutzbringende Weiterverwendung des Leckagestroms ermöglichen.

5

Anhand der Zeichnung wird die Erfindung beispielhaft näher erläutert. Es zeigt teilweise schematisch und nicht maßstäblich die einzige Zeichnungsfigur einer Gasturbine mit einer Turbinenwelle

10.

Die einzige Zeichnungsfigur zeigt einen Schnitt durch eine Gasturbine 17 entlang der Drehachse 2 der Turbinenwelle 1. An der Turbinenwelle 1 nebeneinander angeordnet befinden sich die Scheiben 3, 4 und 5. Jeweils an diesen Scheiben 3, 4 und

15 5 befestigt sind in Laufschaufelringen 16 gruppierte Laufschaufeln 14 der ersten, zweiten und dritten Turbinenstufe. Jede Turbinenstufe wird gebildet durch eine am Stator 18 angebrachten Leitschaufelring in Verbindung mit einem, in Strömungsrichtung des Arbeitsmediums A gesehenen 20 dieser nachgeschalteten Laufschaufelring 16. Auch die Leitschaufeln 15 werden über eine externe, nicht gezeigte Versorgung mit Frischluft versorgt, was durch die Strömungspfeile 10 dargestellt wird.

25 Die teilweise dargestellte Brennkammer 19 der Gasturbine 17 mündet in den Strömungskanal 11 des Arbeitsmediums A. Während des Betriebes der Gasturbine 17 strömt das Arbeitmedium A, von der Brennkammer 19 kommend, durch den Strömungskanal 11. Dabei strömt es vorbei an Leitschaufeln 15 und wirkt 30 arbeitsleistend auf die Laufschaufeln 14.

Die an der Turbinenwelle 1 angeordneten benachbarten Scheiben 3, 4 und 5 schließen zwischen sich Hohlräume 8, 9, 20 ein, die die Turbinenwelle ringförmig umgreifen. Der innere 35 Hohlraum 8 liegt gegenüber dem mittleren Hohlraum 9 radial innen. In Radialrichtung nach außen umgreift der äußere Hohlraum 20 den mittleren Hohlraum 9. Der innere Hohlraum 8

ist gegenüber dem mittleren Hohlraum 9 mittels einer fliehkraftbasierten Dichtung 6 abgedichtet, der ebenfalls über eine fliehkraftbasierte Dichtung gegenüber dem Hohlraum 20 abgedichtet ist. Nicht dargestellt ist, dass die aus einem 5 Dichtdraht bestehende fliehkraftbasierte Dichtung, an beiden benachbarten Scheiben in einer Fase angelegt ist, um diesen sicher zu positionieren. Der innere Hohlraum 8 weist eine Bohrung oder einen Durchlass 7 auf, über den der Hohlraum 8 mit dem Versorgungsanschluss des integrierten 10 Kühlmittelkanals der Laufschaufel 14 kommuniziert. Der innere Hohlraum 8 dient somit zur Kühlmittelversorgung der Laufschaufeln 14. Ebenso weist der Hohlraum 9 eine Bohrung 7 auf, die mit den Entsorgungsanschluss des integrierten Kühlmittelkanals der Laufschaufel 14 zur Kühlmittelentsorgung 15 kommuniziert.

Der Kühlmittelfluss wird anhand der zweiten Turbinenstufe 22 erklärt. Frischdampf fließt, dargestellt durch die Strömungspfeile 12 des Frischdampfes, von einer 20 Kühlmittelquelle axial entlang der Turbinenwelle 1 bis zum inneren Hohlraum 8, der zwischen den Scheiben 3 und 4 gebildet wird. Der Frischdampf wird durch die radial verlaufende Bohrung 7, welche durch die Scheibe 4 verläuft, zu einem Versorgungsanschluss einer Laufschaufel 14 der 25 zweiten Turbinenstufe 22 geführt. In der Laufschaufel 14 wirkt sich der Frischdampf kühlend aus und verlässt diese über den Entsorgungsanschluss. Die am Entsorgungsanschluss angeordnete weitere radiale Bohrung 7 führt den Brauchdampf, dargestellt durch die Strömungspfeile 13, zu dem mittleren 30 Hohlraum 9, der von den Scheiben 4 und 5 eingeschlossen wird. Von dort aus gelangt der Brauchdampf durch einen axialen Kanal zu einem weiteren Hohlraum 23, von wo aus er abtransportiert wird.

35 Von einer nicht dargestellten Frischluftquelle wird Frischluft 10 durch die Leitschaufeln 15 hindurch zu einem Hohlraum 20 geführt, der radial weiter außen als der Hohlraum

9 angeordnet ist. Von diesem Hohlraum 20 aus wird die Frischluft den Laufschaufeln 14 zugeführt. Die an der Hinterkante der Laufschaufeln 14 ausgeblasene Frischluft vermischt sich sodann mit dem Arbeitsmedium A der Gasturbine

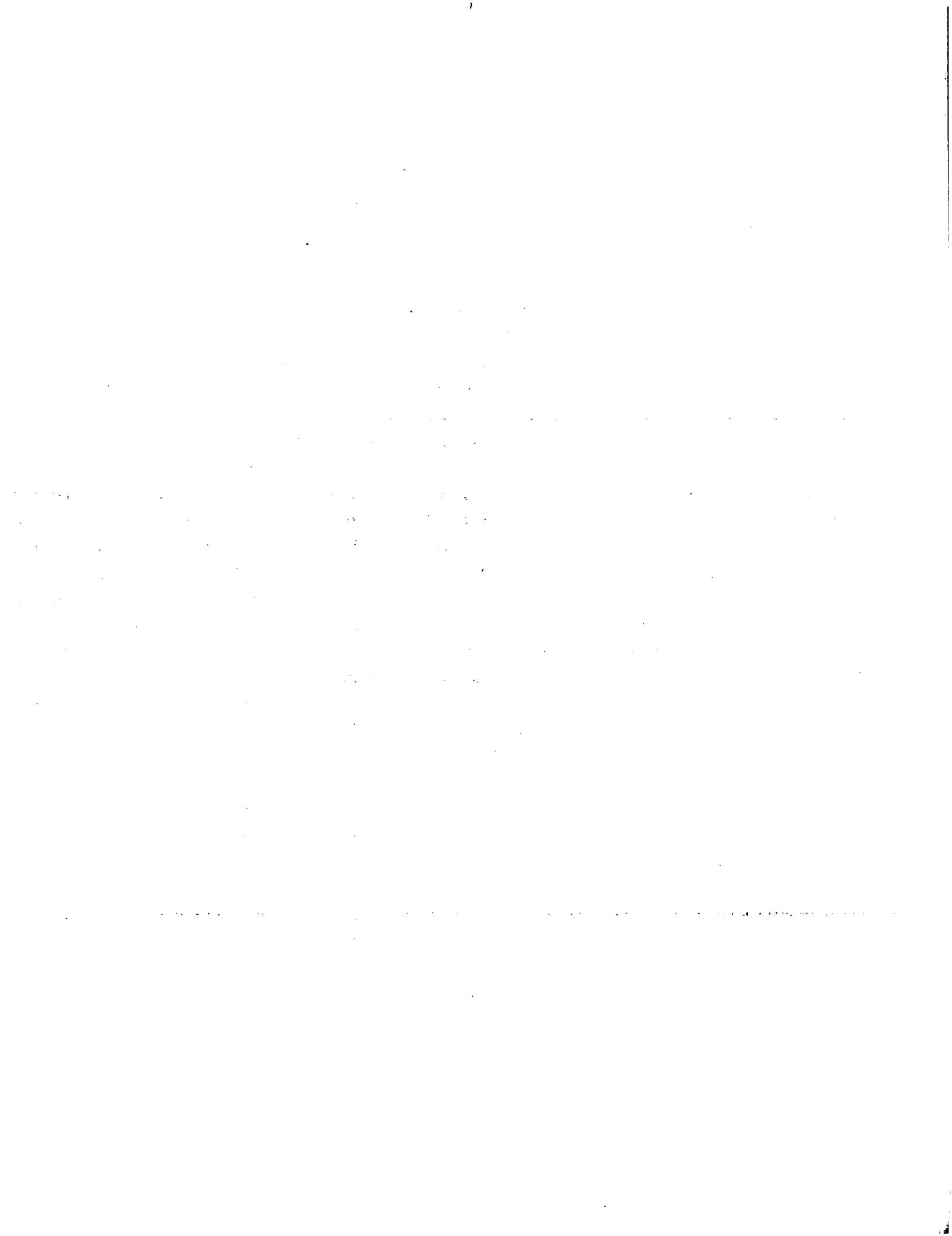
5 17.

Durch die erfinderische Anordnung, koaxiale, radial
beabstandete Hohlräume 8, 9, 20 zwischen den Scheiben 3, 4
und 5 auszubilden, und diese durch fliehkraftbasierte
10 Dichtungen 6 einfach und zuverlässig abzudichten, ist eine
gewinnbringende Anordnung erzielt worden. In Verbindung mit
dem Verfahren, die Hohlräume 8, 9, und 20 mit Kühlmittel in
unterschiedlicher Qualität und mit unterschiedlichen Drücken
zu beaufschlagen, wobei diese Drücke von innen nach außen
15 betrachtet abnehmen, wird eine deutliche Verbesserung
gegenüber dem Stand der Technik erreicht.

EPO - Munich
29
21. Okt. 2002

Bezugszeichenliste

- | | |
|----|-----------------------------------|
| 1 | Rotorwelle |
| 5 | 2 Drehachse des Rotors |
| 3 | Scheibe |
| 4 | Scheibe |
| 5 | Scheibe |
| 6 | fliehkraftbasierte Dichtung |
| 10 | 7 Bohrung / Durchlass |
| 8 | Innerer Hohlraum |
| 9 | Mittlere Hohlraum |
| 10 | Strömungspfeil für Frischluft |
| 11 | Strömungskanal |
| 15 | 12 Strömungspfeil für Frischdampf |
| 13 | Strömungspfeil für Brauchdampf |
| 14 | Laufschaufel |
| 15 | Leitschaufel |
| 16 | Laufschaufelring |
| 20 | 17 Gasturbine |
| 18 | Stator |
| 19 | Brennkammer |
| 20 | Äußerer Hohlraum |
| 22 | Zweite Turbinenstufe |
| 25 | 23 Weiterer Hohlraum |
| A | Arbeitsmedium |



EPO - Munich
29
21. Okt. 2002

Patentansprüche

1. Turbinentriebwerk mit einer Turbinenwelle, die eine Anzahl von nebeneinander angeordneter Scheiben aufweist, an denen jeweils eine Anzahl von Laufschaufeln sternförmig befestigbar sind, wobei diese mit zumindest einem Kühlmittel, welches durch Kühlmittelkanäle innerhalb der Laufschaufeln strömt, kühlbar sind
dadurch gekennzeichnet,
dass zwischen zwei unmittelbar benachbarten Scheiben in Radialrichtung mehrere Hohlräume eingeschlossen sind, die jeweils die Turbinenwelle in Umfangsrichtung umgreifen und in denen Kühlmittel in unterschiedlichen Drücken vorherrschen, wobei das oder die Kühlmittel in die Hohlräume jeweils ein und ausströmbar ist.
2. Turbinenwelle nach Anspruch 1,
dadurch gekennzeichnet,
dass die radial benachbarten Hohlräume gegeneinander abgedichtet sind.
3. Turbinenwelle nach Anspruch 1 oder 2,
dadurch gekennzeichnet,
dass die integrierten Kühlmittelkanäle einer jeden auf ein und derselben Scheibe angeordneten Laufschaufel, mit ein und demselben Hohlraum, der mit einer benachbarten Scheibe eingeschlossen wird, über eine radiale Bohrung oder Durchlass kommuniziert.
4. Turbinenwelle nach einem der Ansprüche 1 bis 3,
dadurch gekennzeichnet,
dass mindestens einer der Hohlräume mit einer Kühlmittelversorgung oder Kühlmittelentsorgung kommuniziert.

5. Verfahren zum Kühlen eines Turbinentriebwerkes gemäß einem der Ansprüche 1 bis 4,
dadurch gekennzeichnet,
dass der Druck des Kühlmittels, welches durch einen
Hohlraum strömt, größer ist als der Druck des Kühlmittels,
welches durch den radial nächstäußersten Hohlraum strömt.
6. Verfahren zum Kühlen einer Laufschaufel eines
Turbinentriebwerks nach Anspruch 5
dadurch gekennzeichnet,
dass im radial innersten Hohlraum Frischdampf, im radial
nächstäußersten Hohlraum Brauchdampf und im radial
nächstäußersten Hohlraum Frischluft strömt.
10

EPO - Munich
29
21. Okt. 2002

Zusammenfassung

Turbinentriebwerk

- 5 Die Erfindung bezieht sich auf ein Turbinentriebwerk mit einer Turbinenwelle, die eine Anzahl von nebeneinander angeordneter Scheiben aufweist, an denen jeweils eine Anzahl von Laufschaufeln sternförmig befestigbar sind, wobei diese mit zumindest einem Kühlmittel, welches durch
- 10 Kühlmittelkanäle innerhalb der Laufschaufeln strömt, kühlbar sind. Die Aufgabe der Erfindung ist es, den Wirkungsgrad mit wirtschaftlich vertretbaren Aufwand zu erhöhen und gleichzeitig das Betriebsrisiko zu mindern bzw. die Lebensdauer der Elemente und die Zuverlässigkeit des
- 15 Turbinentriebwerkes zu erhöhen. Dazu werden die Laufschaufeln über ein einfaches und zuverlässiges Kühlmittelzuführungssystem mit Kühlmittel versorgt, bzw. entsorgt, welches radial mehrschichtig zwischen zwei benachbarten Scheiben aufgebaut ist.

20

Fig. 1



200123807

1/1

EPO - Munich
29

21. Okt. 2002

